

**ANALISIS KELARUTAN AIR PADA MINYAK TRAFU
TERHADAP NILAI RELATIF SATURASI TRAFU DAN
ANALISIS KANDUNGAN GAS TERLARUT PADA
MINYAK TRAFU TENAGA DI GI PALUR
SISTEM 150 kV**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

HASYIM YULIYANTO
D400150047

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH KELARUTAN AIR PADA MINYAK TRAFU TERHADAP NILAI RELATIVE
SATURASI TRAFU DAN ANALISIS KANDUNGAN GAS TERLARUT PADA MINYAK
TRAFU TENAGA DI GI PALUR SISTEM 150 kV**

PUBLIKASI ILMIAH

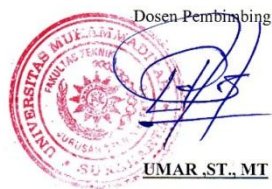
oleh:

HASYIM YULIYANTO

D400150047

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



UMAR, ST., MT

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KELARUTAN AIR PADA MINYAK TRAF0 TERHADAP NILAI RELATIF
SATURASI TRAF0 DAN ANALISIS KANDUNGAN GAS TERLARUT PADA MINYAK
TRAF0 TENAGA DI GI PALUR SISTEM 150 kV

OLEH

HASYIM YULIYANTO

D400150047

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 23 Juli 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. UMAR ,ST.,MT

(Ketua Dewan Penguji)

2. HASYIM ASY'ARI ,ST.,MT

(Anggota I Dewan Penguji)

3. ARIS BUDIMAN, ST.,MT

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,

Dr. Sri Sumartono, M.T, Ph. D
NIK. 628

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak sepenuhnya terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak sepenuhnya terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis yang diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya sesuai kemampuan.

Surakarta, 23 Juli 2019

Penulis



Hasyim Yuliyanto

ANALISIS KELARUTAN AIR PADA MINYAK TRAFU TERHADAP NILAI RELATIF SATURASI TRAFU DAN ANALISIS KANDUNGAN GAS TERLARUT PADA MINYAK TRAFU TENAGA DI GI PALUR SISTEM 150 kV

Abstrak

Transformator merupakan bagian terpenting dari gardu induk oleh karena itu harus diperlukan sistem proteksi yang dapat melindungi trafo sehingga dapat bekerja secara maksimal dan trafo dapat mempunyai umur yang lama. Salah satu sistem yang melindungi kinerja pada trafo adalah sistem isolasi minyak, sistem isolasi ini mempunyai peranan yang sangat penting untuk melindungi trafo dari panas berlebih akibat dari arus eddy atau beban berlebih yang dapat membuat trafo menjadi panas dan memungkinkan trafo akan meledak, Kegagalan thermal pada minyak trafo umumnya menghasilkan gas-gas yang berbahaya yang biasa dikenal sebagai *fault gas* karena minyak trafo berfungsi selain sebagai pendingin juga sebagai pelarut gas – gas berbahaya tersebut. Mengidentifikasi jenis dan jumlah konsentrasi gas terlarut pada minyak trafo dapat memberikan informasi adanya indikasi kegagalan yang terjadi pada transformator. Penelitian ini membahas bagaimana uji kelarutan air dan DGA (*Dissolved Gas Analysis*) dapat mengidentifikasi kegagalan yang terjadi pada transformator. Sejumlah sampel dilakukan pengujian untuk dapat mengetahui kandungan gas terlarut yang terdapat pada minyak trafo dengan memasukan kedalam alat uji DGA. Hasilnya adalah sejumlah data yang menunjukkan jenis kandungan gas dan tingkat konsentrasi *fault gas*. Selanjutnya dilakukan berbagai metode analisis untuk mengetahui indikasi kegagalan pada transformator daya. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa trafo kandungan kelarutan air masih dibawah normal yaitu sebesar 14,06% sedangkan kandungan gas CO sebesar 6% dan CO₂ sebesar 372,9% yang dapat berakibat pada *overheating off cellulose* selain itu juga terdapat kandungan gas C₂H₆ sebesar 5,6 % yang diakibatkan oleh pemanasan pada minyak trafo.

Kata kunci : Isolasi minyak trafo, minyak DGA (*Dissolved Gas Analysis*) trafo

Abstract

The transformer is the most important part of the substation therefore a protection system must be needed that can protect the transformer so that it can work optimally and the transformer can have a long life. One system that protects the performance of the transformer is an oil isolation system, this insulation system has a very important role to protect the transformer from overheating due to eddy currents or overload which can make the transformer heat up and allow the transformer to explode transformers generally produce hazardous gases commonly known as fault gas because transformer oil functions in addition to being a coolant as well as a solvent for these harmful gases. Identifying the type and amount of dissolved gas concentration in the oil transformer can provide information on indications of failure that occurs in the transformer. This study discusses how the water solubility test and DGA (*Dissolved Gas Analysis*) can

identify failures that occur in the transformer. A number of samples were tested to determine the dissolved gas content contained in transformer oil by entering into the DGA test equipment. The result is a number of data showing the type of gas content and the level of fault gas concentration. Furthermore, various analysis methods are carried out to determine the failure indication on the power transformer. Based on the data obtained it can be concluded that the transformer content of water solubility is still below normal at 14,06% while CO gas content is 6% and CO₂ is 372.9% which can result in overheating of cellulose besides C₂H₆ gas content of 5.6 % caused by heating on transformer oil.

Keywords: Transformer oil insulation, DGA (Dissolved Gas Analysis) oil transformer

1. PENDAHULUAN

Instalasi sistem tenaga listrik di Gardu Induk mempunyai peralatan-peralatan sebagai pendukung kinerjanya untuk tetap menjaga keandalan peralatan-peralatan tersebut, perlu adanya pemeliharaan secara berkala. Pemeliharaan merupakan salah satu hal terpenting yang harus di perhatikan dalam pengoperasian sistem transmisi tenaga listrik. Pemeliharaan yang baik secara berkala, peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik tetap terjaga keandalannya. Sehingga kebutuhan energi listrik ke konsumen dapat terlayani dengan baik, selain itu harga peralatan sistem tenaga listrik yang mahal mendorong perlunya pemeliharaan secara berkala. Salah satu peralatan yang dilakukan pemeliharaan yaitu pemeliharaan isolasi minyak dan identifikasi kandungan gas terlarut pada trafo tenaga

Trafo tenaga adalah peralatan statis pada gardu induk yang terdiri dari 3 belitan magnetic dimana secara induksi *electromagnetic*, berfungsi mentransformasikan daya (arus dan tegangan) arus AC ke arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC 60076 -1 tahun 2011). Terdapat 3 jenis trafo tenaga yaitu trafo pembangkit, trafo gardu induk/penyaluran, dan trafo distribusi. Instalasi sistem tenaga listrik gardu induk trafo yang digunakan adalah trafo tenaga gardu induk/penyaluran dimana trafo tenaga gardu induk berfungsi untuk mentransformasi daya, transformasi daya tinggi ke daya rendah (*step down*) atau transformasi daya rendah ke daya tinggi (*step up*).

Transformator tenaga gardu induk terdapat sistem isolasi yang berfungsi sebagai sistem proteksi trafo tenaga dan sebagai peralatan pendukung kinerja trafo tenaga agar dapat bekerja secara maksimal, dalam trafo tenaga gardu induk terdapat sistem isolasi minyak, sistem isolasi minyak trafo tenaga adalah isolasi pada trafo berfungsi sebagai media isolasi dielektrik yang tinggi dan pendingin yang efisien dari panas berlebih akibat gangguan pada trafo, oleh karena itu diperlukan pemeliharaan isolasi pada trafo secara rutin. Ada 4 fungsi utama minyak isolasi trafo yaitu sebagai insulator, pendingin, pelindung dan pelarut gas (Adib Chumaidy Vol.8-No.1).

Pemeliharaan yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran terhadap nilai larutan air karena minyak trafo tenaga pada gardu induk harus terbebas dari air, isolasi minyak yang terkontaminasi kadar air dapat mempengaruhi kekuatan dielektrik minyak isolasi, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan untuk mengetahui nilai kelarutan air pada minyak trafo, dari hasil perhitungan nilai kelarutan air pada minyak trafo dapat diketahui nilai *relatifsaturasi* yang terdapat pada isolasi minyak trafo tenaga. Selain pengukuran kelarutan air pada minyak isolasi adalah pengukuran minyak DGA trafo yang bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa gas yang terdapat pada minyak isolasi untuk mengetahui dampak terhadap operasi suatu trafo. Kegagalan thermal pada trafo dapat menyebabkan terjadinya pemanasan pada minyak trafo sehingga dapat menimbulkan *gas fault* seperti Hidrogen, Methane, Ethane, Ethylene atau Acethylene.

Gardu induk rayon Palur memiliki 3 buah trafo tenaga masing – masing mempunyai kapasitas 60 MVA dimana 2 trafo merupakan trafo *inlet* dan trafo *outlet* sedangkan salah satu trafo berfungsi sebagai trafo PS (pemakaian sendiri). Penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh pemeliharaan secara berkala terhadap keandalan sistem isolasi minyak dan identifikasi kandungan gas terlarut pada minyak trafo.

2. METODE

2.1 Perumusan masalah

Kualitas minyak trafo sangat berpengaruh terhadap isolasi kualitas dari isolasi pada trafo dimana nilai kelembaban atau relative saturasi dapat berpengaruh terhadap isolasi, kegagalan thermal pada trafo berpendingin umumnya menghasilkan jenis gas yang mudah terbakar seperti hidrogen, metana, etana, etilen, asetilen, dan karbon monoksida yang disebut dengan kegagalan gas (*fault gas*). Sehingga perlu diidentifikasi jenis konsentrasi kandungan gas yang terdapat pada minyak trafo.

2.2 Tujuan penelitian

Penelitian dilakukan untuk mengetahui presentase nilai kelembaban atau nilai relatifsaturasi dan jenis-jenis kandungan gas, presentase kegagalan gas (*fault gas*) yang terdapat pada minyak trafo dengan menggunakan peralatan DGA serta analisa berbagai indikasi kegagalan yang muncul pada trafo daya berdasarkan hasil uji DGA.

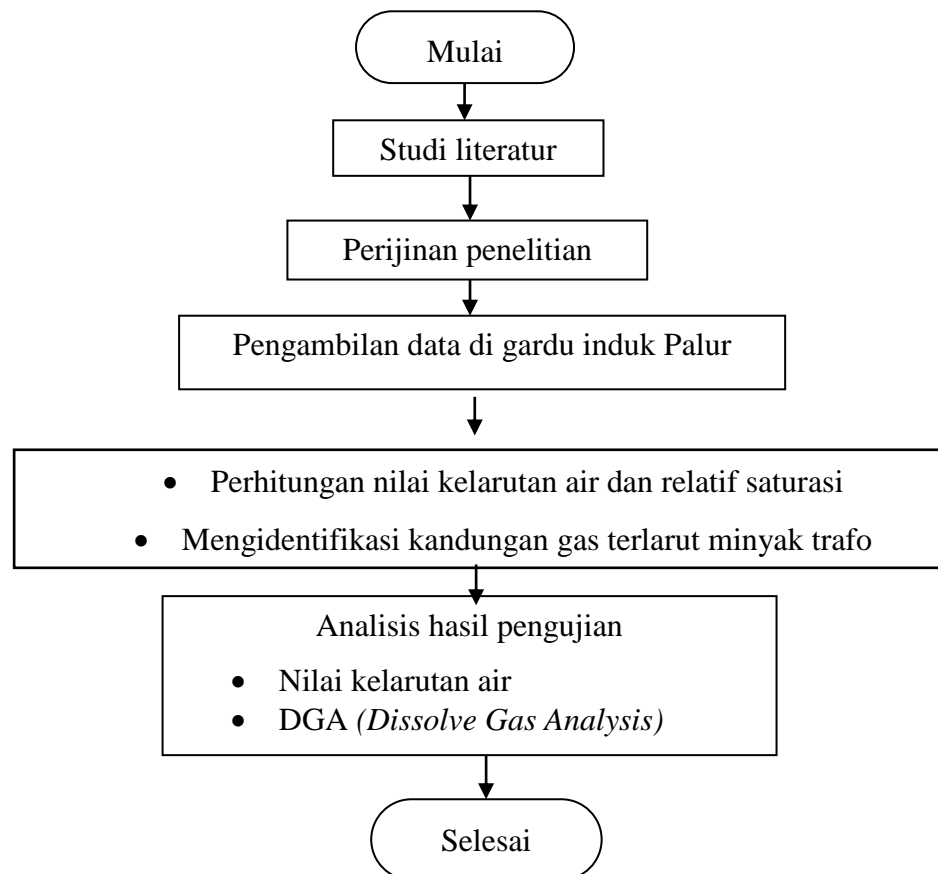
2.3 Batasan masalah

Penelitian ini hanya membahas mengenai hasil pengujian minyak mineral trafo meliputi pengujian nilai relatifsaturasi atau kelembaban dalam minyak trafo dan pengujian kandungan gas terlarut atau kegagalan gas (*fault gas*) pada minyak trafo, sedangkan analisa pada minyak sintetis tidak dibahas pada penelitian ini.

2.4 Metodologi penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah studi literatur mengenai transformator, pengujian kelarutan air minyak trafo dengan menggunakan metode pengujian filter, pengujian DGA minyak trafo dengan alat uji DGA dan analisa berdasarkan data hasil pengujian kelarutan air dan DGA pada minyak dan selanjutnya dilakukan berbagai analisa dari hasil pengujian tersebut terhadap kegagalan pada transformator.

2.5 Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart Pembuatan Tugas Akhir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Nilai Kelarutan Air Pada Minyak Trafo

Fungsi dari minyak trafo adalah sebagai media isolasi pada trafo sehingga minyak trafo harus dalam kondisi yang jernih dan bersih dari kelarutan air, kelarutan air pada minyak trafo dapat menurunkan kualitas minyak trafo akibatnya trafo akan mengalami kegagalan isolasi sehingga akan timbul panas berlebih yang mengakibatkan penguapan pada minyak trafo sehingga terbentuk senyawa – senyawa gas atau kegagalan gas (*gas fault*) pada minyak trafo. Pengujian nilai relatif saturasi trafo menggunakan

metode pengujian filter pada minyak trafo sehingga dapat diketahui nilai ppm air minyak trafo pada suhu tertentu berdasarkan IEC 60422 tahun 2013.

$$\text{Log } S_0 = \text{—————} + 7,0895$$

Keterangan =

Log S_0 = Nilai kelarutan air pada minyak

K = Temperature dalam kelvin

Nilai kelarutan air pada minyak dapat menentukan nilai relatifsaturasi (RS)

$$RS = \text{—} (100\%)$$

dimana RS adalah nilai relatifsaturasi dan W_c adalah hasil pengujian kadar air tanpa konversi ke suhu 20^0C (dalam satuan ppm)

Penelitian terhadap minyak trafo di gardu induk maka didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 1. Data suhu pada trafo III gi palur

NO	Suhu	Suhu
	(C)	(K)
1	$34,1^0$	$307,25^0$

Data tabel 1 suhu trafo adalah $34,1^0\text{C}$ maka di konversi dalam kelvin menjadi $307,25^0\text{K}$ maka dari rumus berdasarkan IEC 60422 Tahun 2013

$$\text{Log } S_0 = \text{—————} + 7,0895$$

Keterangan =

Log S_0 = Nilai kelarutan air pada minyak

K = Temperature dalam kelvin

$$\text{Log } S_0 = \text{—————} + 7,0895$$

$$= - 5,10 + 7,0895$$

$$\text{Log } S_0 = 1,9895$$

$$S_0 = 0,2987$$

Hasil perhitungan nilai kelarutan air dapat diketahui nilai relatifsaturasi trafo dengan dimana didapat nilai W_c (hasil pengujian kadar air tanpa konversi ke suhu 20^0 (dalam satuan ppm) adalah 4,2 ppm sehingga perhitungan nilai relatifsaturasi trafo adalah sebagai berikut

Tabel 2. Data nilai kandungan air tanpa konversi

Pengujian	kandungan air (ppm)
Minyak trafo	4,2

$$RS = \frac{W_c}{15} \times 100\%$$

$$RS = \frac{4,2}{15} \times 100\%$$

$$= 14,06 \%$$

Hasil perhitungan nilai relatif saturasi diatas menunjukan bahwa kandungan kelarutan air pada minyak trafo masih kurang dari 15% sehingga minyak trafo masih dalam kondisi stabil, sesuai dengan standar IEEE bahwa batas maksimal kandungan air atau nilai kelarutan air pada minyak trafo adalah sebesar 15%.

3.2 Mengidentifikasi presentase nilai kandungan gas terlarut pada minyak trafo.

Analisis minyak DGA (*Dissolve Gas Analysis*) berdasarkan data TDGC yang diperoleh dari hasil pengujian kandungan gas terlarut dalam minyak trafo yang didasarkan pada standart IEEE. C57. 1991 :

Tabel 3. Nilai TDGC (*Total Dissolve Gas Combustible*)

Gas Kunci	IEEE Limits (Kondisi level)			
	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III	Kondisi IV
H ₂	100	700	1800	> 1800
CO ₂	2500	2500-4000	4001-10000	>100000
CO	350	570	1400	> 1400
CH ₄	120	140	1000	> 1000
C ₂ H ₄	50	100	200	> 200
C ₂ H ₈	65	100	150	> 150
C ₂ H ₂	35	50	80	> 80
Total	720	1660	4630	> 4630

Kondisi I, transformator beroperasi dengan normal.

Kondisi II, nilai TDGC pada transformator sudah mulai tinggi yang artinya ada kemungkinan yang harus diwaspadai.

Kondisi III, TDGC pada tingkatan III menunjukkan adanya dekomposisi dari isolasi kertas atau isolasi minyak.

Kondisi IV, pada kondisi tingkat IV nilai TDGC sudah menunjukkan adanya dekomposisi atau kerusakan pada sistem isolasi kertas atau minyak yang sudah meluas.

Hasil pengujian didapatkan nilai TDGC pada trafo dari pengujian dengan menggunakan alat uji DGA adalah 250 ppm yang artinya kondisi masih <720 (pada kondisi I) masih dalam ambang batas normal tetapi perlu dilakukan pemantauan gas-gas pada kondisi tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa transformator masih dalam kondisi baik dan dapat dioperasikan secara normal.

Hasil pengujian didapat nilai TDGC pada transformator sehingga dapat diketahui nilai persentase kandungan gas terlarut yang terdapat dalam minyak trafo setelah didapatkan data hasil DGA dari pengujian menggunakan alat uji DGA seperti terlihat pada gambar dan tabel dibawah.

Tabel 4. Data pengujian kandungan gas terlarut

Gas terlarut	hasil pengukuran
H ₂	0
CO	15
CH ₄	0
CO ₂	948
C ₂ H ₂	0
C ₂ H ₄	0
C ₂ H ₆	14

Berdasarkan data hasil hitung DGA, nilai persentase gas terlarut atau kegagalan gas (*fault gas*) dengan data yang sebelumnya didapat yaitu nilai TDGC sebesar 250 ppm dengan perhitungan dibawah ini :

$$H_2 = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\% = 0\%$$

$$CO = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\% = 6\%$$

$$CH_4 = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\% = 0\%$$

$$CO_2 = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\% = 372,9\%$$

$$C_2H_2 = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\% = 0\%$$

$$C_2H_4 = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\% = 0\%$$

$$C_2H_6 = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100\% = 5,6\%$$

Hasil perhitungan diatas minyak trafo paling diminan terkontaminasi CO dan CO₂, dimana kegagalan gas CO dan CO₂ dapat mengakibatkan terjadinya gangguan *overheating of cellulose* atau kemungkinan yang terjadi adalah panas berlebih pada lapisan selulosa dibagian tansformator. Nilai CO/CO₂ > 10 disebabkan oleh *overheating* pada *paper*/selulosa, nilai CO/CO₂ < 3 disebabkan oleh *electrical fault* yang menyebabkan degradasi pada selulosa sehingga dapat merusak system isolasi/selulosa. Nilai TDGC pada trafo menunjukkan bahwa trafo dapat beroperasi secara normal karena nilai TDGC dibawah 720 tetapi perlu dilakukan pengecekan secara rutin karena nilai CO₂ pada minyak trafo tinggi 948 menunjukkan adanya dekomposisi dari isolasi kertas atau isolasi minyak. Terdapat kandungan C₂H₆ pada pengujian minyak transformator yang disebabkan oleh pemanasan pada transformator sehingga membentuk *gas fault* etana.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis terhadap data yang diperoleh dari pengujian relatifsaturasi dan DGA minyak trafo pada gardu induk sistem 150 kV palur, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil perhitungan nilai relatif saturasi trafo atau nilai kelarutan air pada minyak trafo didapat bahwa kondisi minyak masih dalam keadaan baik karena masih dibawah batas normal sehingga dapat bekerja secara normal.
- b. Nilai kandungan CO₂ sebesar 948 pada minyak trafo sangat tinggi yaitu berada di tingkat I sehingga perlu dilakukan pengecekan rutin agar tidak terjadi dekomposisi dari isolasi kertas atau minyak.
- c. Nilai TDGC pada trafo berada pada tingkat I sehingga trafo masih dapat beroperasi secara normal.
- d. Kandungan gas etana atau C₂H₆ disebabkan oleh pemanasan pada minyak trafo tetapi nilai kandungan gas masih kecil sebesar 6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmalik. A.Fothergill. J, and Dodd. S. 2002. "*Electrical conduction and dielectric breakdown characteristic of alkyl ester dielectric fluids obtained from palm kernel oil,*" *IEEE Transactions on Dielectrics and Electral.*
- Chumaidy.Adib.2012. *Analisis kegagalan minyak isolasi pada trafo daya berbasis kandungan gas terlarut.* Jurnal FT Bina Teknik. Vol.8-No.1.
- Electropedia – International Electrotechnical Vocabulary (IEV) 441, www.electropedia.org.
- IEE std. C57.104-2008, *Guide for the interpretation off Gases Genereated in Oil – Immersed Tranformer*, New York: USA.
- R. Hardityo. 2008.*Deteksi dan Analisis Indikasi Kegagalan Transformator dengan Metode Analisis Gas Terlarut.* Jakarta: Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- S. Hadi, *Power System Analysis. Milwaukee School of Engineering*, WCB Mc Graw-Hill.
- SKDIR 114.K/DIR/2010 Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Penyaluran Tenaga Listrik – Buku Pedoman Pemeliharaan Trafo Tenaga No dokumen : 01 22/HARLUR-PST/2009,PT PLN (Persero).

Suwarno dan Sutikno. Heri. 2001. *“Effects of temperature on breakdown voltage and partial discharge pattern of biodegradable oil,”*, Bandung, Indonesia.

Transformer Oil Testing SD Myers, Substation Solutions, Western Mining Electric Association, 2008.

Y. Sinuhaji. 2012. *Analisis keadaan minyak isolasi transformator daya 150 kV menggunakan metode dissolved gas analisis dan Fuzzy Logic pada gardu induk.* Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.

Yudi Yantoro. Sabari. 2014. *Pemeliharaan minyak trafo pada no 4 di gardu induk kebasen.* Polektro. Vol2i4.107